

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM

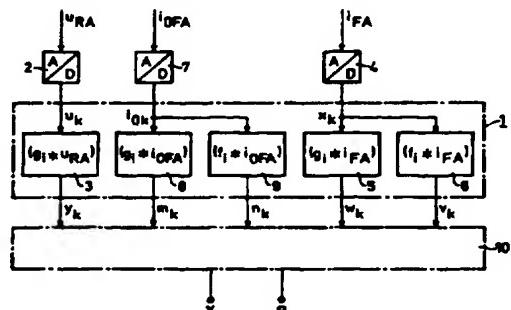
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : G01R 31/08		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/32652
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 17. Oktober 1996 (17.10.96)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/00628		(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 3. April 1996 (03.04.96)			
(30) Prioritätsdaten: 195 14 698.0 13. April 1995 (13.04.95) DE		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>	
(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i>): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>): JURISCH, Andreas [DE/DE]; Kulbeweg 23, D-13587 Berlin (DE).			

(54) Title: DISTANCE MEASUREMENT PROCESS**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM DURCHFÜHREN EINER DISTANZMESSUNG**(57) Abstract**

A distance protection measurement process is disclosed for multiple-phase electric energy transmission lines. Voltage and current in the faulty phase conductor are sensed, digitised and evaluated in linear phase response, non-recursive digital filters (FIR filters) of a filter unit. The weighting factors of the FIR filters are freely predetermined and errors are corrected by means of a correction factor. The distance between the faulty area and impedance measurement values that indicate the measurement site are derived in a computer from the output values of the filter unit. In order to measure distances with accuracy even in the case of monopolar short-circuits to ground, a total current (I_{OFA}) that corresponds to the sum of the currents in the phase conductors of the energy transmission line is sensed, digitised and evaluated in additional FIR filters (8, 9) of the filter unit (1), forming output values (m_k , n_k). The computer (10) calculates four auxiliary values with which it calculates, together with the output values (y_k , m_k , n_k , w_k , v_k) of the filter unit (1), a length factor (m) and a resistance (R_f) that is proportional to the resistance of the faulty area. By multiplying the length factor (m) by the kilometric resistance (R'_1) of the associated system and by adding the resistance value (R_f) and multiplying the kilometric reactance (L'_1) of the associated system by the length factor (m), the measurement impedance (R , X) that characterises the distance from the faulty area is calculated.



(57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Durchführen einer Distanzschutzmessung an einer mehrphasigen elektrischen Energieübertragungsleitung, bei dem Spannung und Strom des fehlerbehafteten Phasenleiters erfaßt, digitalisiert und in linearphasigen, nichtrekursiven Digitalfiltern (FIR-Filtern) einer Filtereinheit bewertet werden. Die Gewichtsfaktoren der FIR-Filter werden frei vorgegeben, und es wird eine Fehlerkorrektur mittels eines Korrekturfaktors durchgeführt. Aus den Ausgangsgrößen der Filtereinheit werden in einer Recheneinheit die jeweilige Distanz der Fehlerstelle von einem Meßort angegebende Impedanzmeßgrößen ermittelt. Um bei einpoligen Erdkurzschlüssen eine genaue Distanzmessung vornehmen zu können, wird ein der Summe der Ströme in den Phasenleitern der Energieübertragungsleitung entsprechender Summenstrom (I_{OFA}) erfaßt, digitalisiert und in zusätzlichen FIR-Filtern (8, 9) der Filtereinheit (1) unter Bildung jeweils einer Ausgangsgröße (m_k, n_k) bewertet. In der Recheneinheit (10) werden vier Hilfsgrößen gebildet, mit denen und den Ausgangsgrößen (y_k, m_k, n_k, w_k, v_k) der Filtereinheit (1) ein Längenfaktor (m) und ein dem Widerstand an der Fehlerstelle proportionaler Widerstand (R_f) errechnet werden. Durch Multiplikation des Längenfaktors (m) mit der kilometrischen Resistenz (R'_1) des Mitsystems und Addition des Widerstandswertes (R_f) sowie durch Multiplikation der kilometrischen Reaktanz (L'_1) des Mitsystems mit dem Längenfaktor (m) wird die die Distanz der Fehlerstelle kennzeichnende Meßimpedanz (R, X) gebildet.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Osterreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

Beschreibung**Verfahren zum Durchführen einer Distanzmessung**

- 5 Wird ein Verfahren zum Durchführen einer Distanzmessung an einer mehrphasigen elektrischen Energieübertragungsleitung auf digitalem Wege unter Einsatz eines Rechners durchgeführt, dann ergeben sich Meßfehler, die algorithmenspezifisch sind. Darüber hinaus ergeben sich weitere Meßfehler aufgrund der Annahme, daß
 10 die gemessene und durch die folgende Gleichung (1)

$$X = \text{Im} \left\{ \frac{\underline{U}_{Schl}}{\underline{I}_{Schl}} \right\} \quad (1)$$

beschreibbare Schleifenreaktanz X als Imaginärteil des Quotienten aus der Schleifenspannung \underline{U}_{Schl} und dem Schleifenstrom
 15 \underline{I}_{Schl} der Fehlerentfernung direkt proportional ist. Diese Annahme gilt nämlich nur dann, wenn die Energieübertragungsleitung am anderen Ende offen ist. Durch die in der Regel gegebene Belastung der Leitung zum Zeitpunkt des Fehlereintritts und die
 20 Speisung des Fehlerstromes vom anderen Ende der Energieübertragungsleitung her entstehen zusätzliche Meßfehler, die besonders in Hochspannungsnetzen die Größenordnung von 50% und mehr erreichen können. Figur 1 veranschaulicht diese Meßfehler im Prinzip anhand eines Ersatzschaltbildes für eine einfache
 25 von zwei Seiten aus gespeiste Energieübertragungsleitung.

Wie der Fig. 1 in einzelnen zu entnehmen ist, wird im ange nommenen Fall eine elektrische Energieübertragungsleitung mit zwei Leitern L_1 und L_2 von zwei Speisestellen U_a und U_b gespeist. Es fließt ein Laststrom I_L . Die einzelnen Impedanzen
 30 des dargestellten Systems sind durch eine Ersatzimpedanz Z_{1A} für den Bereich von der Speisestelle U_a bis zu einem speise stellennahen Meßort A für eine Distanzmessung, eine weitere

Ersatzimpedanz $m\bar{Z}_{1L}$ für den Teil der Energieübertragungsleitung vom Meßort A bis zu einem angenommenen Fehlerort F, eine weitere Ersatzimpedanz $(1-m)\bar{Z}_{1L}$ für den Rest der Energieübertragungsleitung und eine zusätzliche Ersatzimpedanz \bar{Z}_{1B} der anderen Speisestelle Ub veranschaulicht; die Ersatzimpedanz der Fehlerstelle F selbst ist mit $3.R_f$ bezeichnet und der Strom über die Fehlerstelle mit I_F .

Die am Meßort A bei einem Kurzschluß an der Fehlerstelle F gemessene Spannung U_{RA} setzt sich aus mehreren Teilstspannungen zusammen. So erzeugt der von der Speisestelle Ua im Kurzschlußfall abgegebene Fehlerstrom I_{FA} einen Spannungsabfall über der auszumessenden Leiterschleife. Weiterhin erzeugt der Laststrom I_L einen Spannungsabfall an der Ersatzimpedanz $m\bar{Z}_{1L}$ für den Leitungsabschnitt zwischen dem Meßort A und der Fehlerstelle F. Eine weitere zu berücksichtigende Teilstspannung entsteht durch den vom anderen Ende der Leitung von der Speisestelle Ub gespeisten Fehlerstrom I_{FB} über dem Fehlerwiderstand $3R_f$. Die beiden letztgenannten Teilstspannungsabfälle verursachen die genannten Meßfehler. Um diese Meßfehler exakt korrigieren zu können, müssen diese vorher genau quantifiziert werden.

Es bedarf zur genauen Distanzmessung mit einer Distanzschutzanordnung also einer Laststromkompensation, die bisher nur bei Fehlerorten üblich ist. In dem Buch von H. Opperskalski "Verhalten impedanzbestimmender Distanzschutzalgorithmen", Fortschritt-Berichte VDI Reihe 6 Energieerzeugung Nr. 256, Seiten 45 bis 47 ist ein Verfahren beschrieben, das zur Berechnung des Fehlerortes ein Iterationsverfahren benutzt. Derartige Verfahren haben kein definiertes Laufzeitverhalten, da die zur Durchführung des Verfahrens benötigte Rechenzeit von der nicht vorhersagbaren Anzahl der benötigten Iterationszyklen abhängt. Damit eignet sich ein solches Verfahren prinzipiell nicht für eine Echtzeitanwendung, wie sie bei einer Distanzmessung im

Rahmen einer Distanzschutzanordnung erforderlich ist, um bei einem Kurzschluß den fehlerbehafteten Leitungsabschnitt in kürzester Zeit abschalten zu können.

5 Ein weiteres Iterationsverfahren zum Bestimmen eines Fehlerortes ist in der britischen Offenlegungsschrift GB 2 036 478 A beschrieben. Bei diesem Verfahren werden unter anderem ein Strom und eine Spannung an der Fehlerstelle errechnet, und es wird anschließend die Phasenlage der beiden Größen zueinander
10 festgestellt; ergibt sich eine Phasenabweichung, wird eine andere Spannung an der Fehlerstelle errechnet und erneut die Phasenlage zum errechneten Strom bestimmt. Ist schließlich Phasenübereinstimmung erreicht, wird aus den dabei berücksichtigten Größen auf den Fehlerort geschlossen.

15 Ferner ist in der europäischen Offenlegungsschrift EP 0 106 790 A1 ein Verfahren zum Lokalisieren einer Fehlerstelle auf einer Freileitung beschrieben, bei dem in einem ersten Verfahrensschritt die Berechnung von komplexen Strom- und
20 Spannungszeigern vorgenommen wird. In einem zweiten Verfahrensschritt wird unter Verwendung der als bekannt vorausgesetzten komplexen Impedanzen der Leitung selbst und der Einspeiseimpedanzen von beiden Leitungsenden sowie der Fehlerart eine quadratische Gleichung gelöst. Aufgrund der als bekannt vor-
25 ausgesetzten komplexen Einspeiseimpedanzen eignet sich dieses Verfahren ausschließlich für den Einsatz in Fehlerorten, da die Einspeiseimpedanzen in einem typischen Netz von Schaltzustand des Netzes abhängig sind und somit eine Datenübertragung für die Bereitstellung dieser Informationen im Schutzgerät
30 benötigt wird. Eine Distanzschutzanordnung muß jedoch unabhängig von solchen Datenverbindungen funktionsfähig sein. Weiterhin ist der arithmetische Aufwand zur Berechnung des Fehlerortes mit diesem bekannten Verfahren zwar niedriger als

mit dem oben behandelten Iterationsverfahren, aber immer noch sehr hoch.

Es ist auch ein Verfahren zum Prüfen von Anordnungen bekannt
5 (europäische Patentschrift EP 0 284 546 B1), das sich zum genaueren Bestimmen des Fehlerortes auf einer elektrischen Energieübertragungsleitung einsetzen lässt. Bei diesem bekannten Verfahren werden Strom und Spannung der Energieübertragungsleitung bzw. daraus abgeleitete Größen in einer Filtereinheit
10 mit nichtrekursiven digitalen Filtern (FIR-Filtern) verarbeitet; in einer nachgeordneten Recheneinheit werden daraus nach Fehlerkorrektur den Fehlerort angebende Größen errechnet. Um mit diesem Verfahren genau und in Echtzeit im Rahmen einer Distanzschutzanordnung arbeiten zu können, muß ein relativ
15 leistungsfähiger und damit relativ kostenintensiver Rechner eingesetzt werden.

Die Erfindung geht von dem oben zuletzt behandelten Verfahren aus, bezieht sich also auf ein Verfahren zum Durchführen einer
20 Distanzmessung an einer mehrphasigen elektrischen Energieübertragungsleitung, bei dem die Spannung an einem fehlerbehafteten Phasenleiter erfaßt, digitalisiert und in einem linearphasigen, nichtrekursiven Digitalfilter (FIR-Filter) eines ersten Typs (mit Gewichtsfaktoren g_i) einer Filtereinheit bewertet wird,
25 der Strom in dem fehlerbehafteten Phasenleiter erfaßt, digitalisiert und einerseits in einem weiteren FIR-Filter des ersten Typs und andererseits in einem FIR-Filter eines zweiten Typs (mit Gewichtsfaktoren f_i) der Filtereinheit bewertet wird, wobei die Gewichtsfaktoren frei vorgegeben werden und eine
30 Fehlerkorrektur mittels eines Korrekturfaktors durchgeführt wird, der als Quotient aus den Amplitudengängen der FIR-Filter ersten und zweiten Typs gebildet wird, und aus den Ausgangsgrößen der Filtereinheit in einer Recheneinheit die jeweilige Distanz der Fehlerstelle von einem Meßort angebende

Impedanzmeßgrößen ermittelt werden, und stellt sich die Aufgabe, dieses bekannte Verfahren so fortzuentwickeln, daß es zur Distanzmessung besonders gut geeignet ist.

- 5 Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß zur Distanzmessung bei einpoligen Erdkurzschlüssen ein der Summe der Ströme in den Phasenleitern der Energieübertragungsleitung entsprechender Summenstrom erfaßt, digitalisiert und einerseits in einem zusätzlichen FIR-Filter des ersten Typs und andererseits in einem zusätzlichen Filter des zweiten Typs der Filtereinheit unter Bildung jeweils einer Ausgangsgröße bewertet; in der Recheneinheit wird aus der Ausgangsgröße des weiteren FIR-Filters des ersten Typs eine erste Hilfsgröße durch Multiplikation mit dem kilometrischen ohmschen Widerstand des Mitsystems der Energieübertragungsleitung gebildet, und in der Recheneinheit wird ferner aus der Ausgangsgröße des einen FIR-Filters des zweiten Typs durch Multiplikation mit der kilometrischen Induktivität des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine zweite Hilfsgröße gebildet; in der Recheneinheit wird außerdem aus der Ausgangsgröße des zusätzlichen FIR-Filters des ersten Typs durch Multiplikation mit der Differenz aus kilometrischem ohmschen Widerstand des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine dritte Hilfsgröße gewonnen und darüber hinaus aus der Ausgangsgröße des zusätzlichen FIR-Filters des zweiten Typs durch Multiplikation mit der Differenz aus kilometrischer Induktivität des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine vierte Hilfsgröße gebildet; in der Recheneinheit wird aus den Ausgangsgrößen der FIR-Filter und den Hilfsgrößen ein Längenfaktor und ein dem Widerstand an der Fehlerstelle proportionaler Widerstandswert errechnet und durch Multiplikation des Längenfaktors mit der kilometrischen Resistanz des Mitsystems und Addition des Widerstandswertes sowie durch Multiplikation der kilometrischen Reaktanz des

Mitsystems mit dem Längenfaktor die die Distanz der Fehlerstelle kennzeichnende Impedanz gebildet.

Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens
5 besteht darin, daß es mit lediglich zwei zusätzlichen FIR-Filttern
in der Filtereinheit und einem im Vergleich zu dem bekannten
Verfahren in bezug auf eine Fehlerortsbestimmung nur
unwesentlich erhöhten Rechenaufwand in der Recheneinheit eine
10 genaue Distanzmessung in Echtzeit bei einpoligen Erdkurzschlüssen durch Laststromkompensation erlaubt. Dies erfolgt
unter ausschließlicher Verwendung der am Meßort verfügbaren
Meßgrößen sowie in Kenntnis und mit Brücksichtigung der kilometrischen Resistenz und Reaktanz von Mitsystem und Gegensystem
15 der zu schützenden Energieübertragungsleitung. Dieses Verfahren
zeichnet sich also durch eine genau definierte Laufzeit und
einen besonders niedrigen arithmetischen Aufwand aus und ist
somit für Echtzeitanwendungen besondert geeignet.

Um die Genauigkeit der Distanzmessung bei dem erfindungsgemäßen
20 Verfahren auch im Falle einer zu der zu überwachenden Energieübertragungsleitung parallelen weiteren Energieübertragungsleitung sicherzustellen, wird bei einer vorteilhaften
Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens beim Vorhandensein einer parallelen mehrphasigen elektrischen Energieübertragungsleitung ein der Summe der Strömen in den Phasenleitern dieser Energieübertragungsleitung entsprechender Nullstrom erfaßt und digitalisiert und der Realteil des aufsummierten Stromes am Eingang des zusätzlichen FIR-Filters des ersten Typs dem digitalisierten Summenstrom und der Imaginärteil des aufsummierten Stromes am Eingang des zusätzlichen FIR-Filters des zweiten Typs dem digitalisierten Summenstrom hinzu addiert.
25 30

Eine Distanzmessung muß in einem Distanzschutzgerät nicht nur schnell erfolgen, sondern sie muß auch genau und zuverlässig

sein, damit das Gerät nicht aufgrund einer ungenauen Messung eine Auslösung und damit ein Abschalten der zu überwachenden Energieübertragungsleitung vornimmt. Deshalb wird bei Distanzschutzgeräten mit sogenannter Meßwiederholung gearbeitet; dazu wird allerdings zusätzlich Zeit benötigt und zwar auch dann, wenn - wie sich dann später zeigt - die Distanzmessung an sich genau war. Diesbezüglich ist eine Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorteilhaft, bei der zeitlich parallel eine weitere Distanzmessung vorgenommen wird, indem die Spannung an dem fehlerbehafteten Phasenleiter in einem ergänzenden FIR-Filter eines dritten Typs (mit Gewichtsfaktoren h_i) in der Filtereinheit unter Bildung einer Ausgangsgröße bewertet wird, der Strom in dem fehlerbehafteten Phasenleiter in einem weiteren ergänzenden FIR-Filter des dritten Typs unter Bildung einer Ausgangshilfsgröße bewertet wird, der Summenstrom in einem zusätzlichen ergänzenden FIR-Filter des dritten Typs unter Bildung einer zusätzlichen Ausgangshilfsgröße bewertet wird, in der Recheneinheit aus der Ausgangshilfsgröße des weiteren ergänzenden FIR-Filters des dritten Typs eine erste Zusatzhilfsgröße durch Multiplikation mit dem kilometrischen Widerstand des Mitsystems der Energieübertragungsleitung gebildet wird, in der Recheneinheit ferner aus der Ausgangsgröße des weiteren FIR-Filters des ersten Typs durch Multiplikation mit der kilometrischen Induktivität des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine zweite Zusatzgröße gebildet wird, in der Recheneinheit außerdem aus der Ausgangshilfsgröße des zusätzlichen ergänzenden FIR-Filters des ersten Typs durch Multiplikation mit der Differenz aus kilometrischem ohmschen Widerstand des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine dritte Zusatzgröße gewonnen wird, in der Recheneinheit darüber hinaus aus der Ausgangsgröße des zusätzlichen ergänzenden FIR-Filters des dritten Typs durch Multiplikation mit der Differenz aus kilometrischer Induktivität des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine

vierte Zusatzgröße gebildet wird, in der Recheneinheit aus den Ausgangsgrößen der FIR-Filter und den Zusatzgrößen ein Längenfaktor und ein dem Widerstand an der Fehlerstelle proportionaler Widerstandswert errechnet wird, in der Recheneinheit durch 5 Multiplikation des Längenfaktors mit der kilometrischen Reaktanz des Mitsystems mit dem Längenfaktor eine die Distanz der Fehlerstelle kennzeichnende Vergleichs-Impedanz gebildet wird, und die Distanzmessung als hinreichend genau betrachtet wird, wenn sich die Differenz zwischen der Meßimpedanz und der Vergleichs-Impedanz innerhalb einer vorgegebenen Größe hält.
10

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung ist in
Figur 2 ein Komponentennetzwerk einer zu überwachenden elek-
trischen Energieübertragungsleitung bei einem einpo-
15 ligen Erdkurzschluß, in
Figur 3 in Form eines Blockschaltbildes ein Ausführungsbei-
spiel einer Anordnung zur Durchführung des erfin-
dungsgemäßigen Verfahrens, in
Figur 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Anordnung zur
20 Durchführung des Verfahrens und in
Figur 5 ein zusätzliches Ausführungsbeispiel dargestellt.

Für einen einpoligen Erdkurzschluß auf einer dreiphasigen Ener-
gieübertragungsleitung gilt das in Fig. 2 dargestellte Ersatz-
25 schaltbild, in dem mit I das Mitsystem, mit II das Gegensystem
und III das Nullsystem bezeichnet ist. Die Fig. 2 gibt also die
Verhältnisse auf der mehrphasigen Energieübertragungsleitung in
symmetrischen Komponenten in einer Darstellung wieder, die z.B.
dem Buch von R. Roeper "Kurzschlußströme in Drehstromnetzen",
30 1984, Seiten 48 bis 51 entnehmbar ist.

Von den beiden Speisestellen U_a und U_b wird nur durch das Mit-
system ein Laststrom I_{1FA} erzeugt; außerdem entsteht ein Fehler-
strom I_F . Die Aufteilung des Fehlerstromes I_F auf die einzelnen

Teile I bis III des Komponentennetzwerkes berechnet sich wie folgt anhand der nachstehenden Stromaufteilungsfaktoren c_0 und c_1 :

5 Nullsystem: $c_0 = \frac{I_{0FA}}{I_F} = \frac{(1-m)\underline{Z}_{0L} + \underline{Z}_{0B}}{\underline{Z}_{0A} + \underline{Z}_{0L} + \underline{Z}_{0B}}$ (2)

Mit- und Gegensystem: $c_1 = \frac{I_{1FA}}{I_F} = \frac{(1-m)\underline{Z}_{1L} + \underline{Z}_{1B}}{\underline{Z}_{1A} + \underline{Z}_{1L} + \underline{Z}_{1B}}$ (3)

Dabei ist mit I_{0FA} ein Teil des Fehlerstroms I_F und mit I_{0FB} , der weitere Anteil dieses Fehlerstromes bezeichnet; die Ersatzimpedanzen in den drei Teilen I bis III des Komponentennetzwerkes sind entsprechend Fig. 1 definiert. Der Strom I_{0FA} entspricht der Summe der Ströme in den einzelnen Phasenleitern der zu überwachenden Energieübertragungsleitung.

15 Stellt man die Maschengleichung für die in Fig. 2 eingetragene Masche auf, so erhält man nach der Rücktransformation in natürliche Komponenten:

$$\underline{U}_{RA} = m(\underline{Z}_{0L} - \underline{Z}_{1L})I_{0FA} + m\underline{Z}_{1L}I_{FA} + R_f I_f \quad (4)$$

20 In dieser Formel sind die Einflüsse durch den Laststrom I_{FA} und die Einspeisung von der Speisestelle U_b bereits berücksichtigt. Diese Gleichung enthält jedoch noch die am Punkt A nicht messbare Größe I_f . Durch Einsetzen des Stromaufteilungsfaktors c_0 für das Nullsystem erhält man:

$$\underline{U}_{RA} = m(\underline{Z}_{0L} - \underline{Z}_{1L})I_{0FA} + m\underline{Z}_{1L}I_{FA} + R_f \frac{1}{c_0} I_{0FA} \quad (5)$$

Unter der Annahme, daß sich die Phasenwinkel der beiden Ströme I_{0FA} und I_{0FB} nicht voneinander unterscheiden, kann man den Fehlerwiderstand R_f und den Stromteilungsfaktor c_0 zu einem fiktiven Fehlerwiderstand R_{cf} zusammenfassen:

$$U_{RA} = m(\underline{Z}_{0L} - \underline{Z}_{1L})I_{0FA} + m\underline{Z}_{1L}I_{FA} + R_{cf}I_{0FA} \quad (6)$$

Diese Gleichung ist linear und enthält neben den Leitungskonstanten und den am Einbauort messbaren Signalen nur noch die beiden Unbekannten m und R_{cf} . Nach der Transformation der obigen Gleichung in den Zeitbereich erhält man:

$$U_{RA} = m \left((L_{0l} - L_{1L}) \frac{di_{0FA}}{dt} + L_{1L} \frac{di_{FA}}{dt} + (R_{0l} - R_{1L})i_{0FA} + R_{1L}i_{FA} \right) + R_{cf}i_{0FA} \quad (7)$$

Es sind also die Parameter m und R_{cf} zu ermitteln, was mit dem aus der oben bereits erwähnten europäischen Patent-schrift 0 284 546 B1 bekannten Verfahren erfolgt. Dazu werden die Größen u_{RA} , i_{0FA} und i_{FA} nach Normierung in einer Filtereinheit 1 gemäß Fig. 3 bewertet. Eine solche Bewertung erfolgt durch Faltungsoperationen (symbolisch mit * im Blockschaltbild dargestellt). Die normierte Spannung u_{RA} wird dazu über einen Analog-Digital-Umsetzer 2, der die Spannung u_{RA} nach Abtastung mit einer entsprechend gewählten Abtastzeit T_a in eine Zahlenfolge u_k umsetzt, einem linearphasigen, nichtrekursiven Digitalfilter, also einem FIR-Filter 3 zugeführt. Dieses FIR-Filter 3 gehört zu einem ersten Filtertyp und weist eine symmetrische Gewichtsfaktorenverteilung $g_i = g_{n-i}$ auf; n bezeichnet dabei den Zählergrad. An dem Ausgang des FIR-Filters 3 entsteht eine Folge y_k , deren Abbildungsvorschrift lautet:

25

$$y_k = \sum_{i=0}^n g_i \cdot u_{k-i} \quad (8)$$

Weiterhin wird nach entsprechender Abtastung in einem weiteren Analog-Digital-Umsetzer 4 die normierte Größe i_{FA} umgesetzt und die entstandenen Werte x_k einem weiteren FIR-Filter 5 zugeführt, das ebenfalls zum ersten Filtertyp gehört und dessen Gewichtsfaktorenverteilung identisch ist mit der des FIR-Filters

11

3; am Ausgang des weiteren Filters 5 wird eine Folge w_k erzeugt, die beschrieben ist mit:

$$w_k = \sum_{i=0}^n g_i \cdot x_{k-i} \quad (9)$$

5

Außerdem werden die Werte x_k einem weiteren FIR-Filter 6 zugeführt, das einem zweiten Typ angehört, dessen Gewichtsfaktorenverteilung lautet:

10 $f_i = -f_{n-i}$ (10)

Am Ausgang dieses FIR-Filters 6 entsteht eine Folge v_k , deren Abbildungsvorschrift lautet (mit "x" wieder für Stromabtastwerte):

15

$$v_k = \sum_{i=0}^n f_i \cdot x_{k-i} \quad (11)$$

Der Summenstrom i_{OFA} wird nach Normierung einem zusätzlichen Analog-Digital-Wandler 7 zugeführt, der am Ausgang eine Zahlenfolge i_{OK} abgibt. Diese Zahlenfolge wird in einem zusätzlichen FIR-Filter 8 des ersten Typs gefaltet, wodurch am Ausgang dieses Filters eine Ausgangsgröße m_k gebildet wird. Außerdem wird in einem zusätzlichen FIR-Filter 9 des zweiten Typs eine zusätzliche Ausgangsgröße n_k erzeugt.

25

Grundsätzlich gilt dabei, daß die verwendeten FIR-Filter der Beziehung genügen

$$F(p) = p \cdot G(p). \quad (12)$$

30

Äquivalent zum Vorgehen bei dem Meßverfahren nach der europäischen Patentschrift 0 284 546 wird die obige Gleichung (6) für

12

zwei verschiedene Zeitpunkte T_1 und T_2 aufgestellt und nach den beiden unbekannten Größen m und R_{cf} aufgelöst. Man erhält folgende Bestimmungsvorschrift für m und R_{cf} :

$$5 \quad m = \frac{G * U_{FA2} \cdot G * I_{0A1} - G * U_{RA1} \cdot G * I_{0FA2}}{k_2 \cdot G * I_{0A1} - k_1 \cdot G * I_{0A2}} \quad (13)$$

$$R_{cf} = \frac{G * U_{RA1} \cdot k_2 - G * U_{RA2} \cdot k_1}{k_2 \cdot G * I_{0FA1} - k_1 \cdot G * I_{0FA2}} \quad (14)$$

mit

$$10 \quad k_1 = R_1 \cdot G * I_{FA1} - (R_o - R_1) \cdot G * I_{OFA1} + L_1 \cdot F * I_{FA1} - (L_o - L_1) F * I_{OFA1} \quad (15)$$

$$k_2 = R_1 \cdot G * I_{FA2} - (R_o - R_1) \cdot G * I_{OFA2} + L_1 \cdot F * I_{FA2} - (L_o - L_1) F * I_{OFA2} \quad (16)$$

Dabei bezeichnet $R_1 \cdot G * I_{FA1,2}$ eine erste Hilfsgröße H1,

15 $L_1 \cdot F * I_{FA1,2}$ eine zweite Hilfsgröße H2,

$(R_o - R_1) \cdot G * I_{OFA1,2}$ eine dritte Hilfsgröße H3 und

$(L_o - L_1) \cdot F * I_{OFA1,2}$ eine vierte Hilfsgröße H4.

Die Indexzahlen "1" und "2" kennzeichnen die zu verschiedenen

20 Abtastzeitpunkten abgetasteten Werte von I_{FA} und I_{OFA} . Die für die Polygoneinordnung notwendigen Größen R und X erhält man aus diesen Berechnungsergebnissen. Dabei wird auf die Rekonstruktion des tatsächlichen Fehlerwiderstandes aus dem berechneten virtuellen Fehlerwiderstand R_{cf} verzichtet. Der tatsächliche 25 Fehlerwiderstand R berechnet sich nach folgender Formel:

$$R_f = c_0 \cdot R_{cf}$$

Aus dem Verhältnis des für den Spannungsabfall über R_f maßgebenden Stromes I_f zum meßbaren Fehlerstromanteil I_{OFA} und dessen

30 Winkel kann mittels der Stromteilerregel folgende Beziehung abgeleitet werden:

13

$$\underline{c}_0 = \frac{I_{0FA}}{I_f} \quad \beta = \arg \underline{c}_0 \quad \underline{c}_0 = \frac{(1-m)\underline{Z}_l + \underline{Z}_B}{\underline{Z}_A + \underline{Z}_l + \underline{Z}_B} \quad (17)$$

Der Winkel β hat in Energiesystemen normalerweise einen sehr kleinen Wert. Verschiedentlich wird ein Bereich von $0..6^\circ$ angegeben. Deshalb kann davon ausgegangen werden, daß die Korrektur der direkten Messung relativ geringen Einfluß auf die ermittelte Reaktanz X haben wird. Da eine Einstellung einer Lichtbockenreserve relativ problemlos möglich ist, wird auch auf eine Korrektur des virtuellen Fehlerwiderstandes R_{cf} verzichtet. Mit diesen Voraussetzungen werden die zur Polygoneinordnung verwendeten Größen nach folgender Vorschrift berechnet:

$$X = mX'_1 \quad R = mR'_1 + R_{cf} \quad (18)$$

Dabei ist mit X'_1 die kilometrische Reaktanz und mit R'_1 die kilometrische Resistenz der zu überwachenden Energieübertragungsleitung bezeichnet.

Diese Art der Berechnung der zur Polygoneinordnung verwendeten Größen hat den Vorteil, daß keine Parameter zur Beschreibung der Vorimpedanzen der zu schützenden Leitung notwendig sind.

Um eine induktive Einkopplung durch den Nullstrom einer zu der überwachenden Energieübertragungsleitung parallelen Nachbarleitung zu berücksichtigen, dient ein Verfahren, das sich durch das in Fig. 4 dargestellte Blockschaltbild veranschaulichen läßt. Bei diesem Verfahren wird ein Nullstrom i_{0MA} eines nicht gezeigten Nachbarsystems (Summe der Ströme in den Phasenleitern des Nachbarsystems) nach Normierung einem ergänzenden Analog-Digital-Wandler 12 zugeführt, dem ein Rechenwerk 13 nachgeordnet ist. Dieses Rechenwerk erzeugt an seinem einen Ausgang A1 eine Zusatzgröße ZG_1 , die dem Realteil $\text{Re}\{\underline{K}_{0M}\} \cdot I_{0AM}$ entspricht; am Ausgang A2 wird eine weitere Zusatzgröße ZG_2 gebildet, die

dem Imaginärteil $\text{Im}\{\underline{k}_{0M}\} \cdot I_{0AM}$ entspricht. In nachgeordneten Summierern 14 und 15 werden die Summen dieser Anteile mit der Größe x_k gebildet.

Dabei wird induktive Einkopplung durch den Nullstrom des Nachbarsystems mittels des komplexen Korrekturfaktors \underline{k}_{0M} berücksichtigt. Der Real- und Imaginärteil des komplexen Faktors \underline{k}_{0M} repräsentiert jeweils einen Parameter des Schutzgerätes. Diese Parameter spiegeln das Verhältnis der Zwischensystemkopplung der beiden Teilsysteme der Doppelleitung zur Leitungsimpedanz der zu schützenden Leitung wider.

In der Recheneinheit 10 wird der Einfluß einer Nachbarleitung dadurch berücksichtigt, daß in den oben angegebenen Gleichungen (15) und (16) die Ausdrücke F^*I_{0A1} und G^*I_{0A1} durch die nachstehenden Ausdrücke ersetzt werden.

$$\begin{aligned} F^*I_{0A1} &= F^*(I_{0A1} + \text{Im}\{\underline{k}_{0M}\} \cdot I_{0MA1}) & F^*I_{0A2} &= F^*(I_{0A2} + \text{Im}\{\underline{k}_{0M}\} \cdot I_{0MA2}) \\ G^*I_{0A1} &= G^*(I_{0A1} + \text{Re}\{\underline{k}_{0M}\} \cdot I_{0MA1}) & G^*I_{0A2} &= G^*(I_{0A2} + \text{Re}\{\underline{k}_{0M}\} \cdot I_{0MA2}) \end{aligned} \quad (19)$$

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 sind mit dem Ausführungsbeispiel nach Figur 3 übereinstimmende Bausteine mit den gleichen Bezugszeichen versehen worden. Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel nach Figur 3 ist hier eine Filtereinrichtung 16 anders aufgebaut, indem sie ergänzend zu den FIR-Filters 3, 5, 6, 8 und 9 gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Figur 3 ein ergänzendes FIR-Filter 17 eines dritten Typs mit Gewichtsfaktoren h_i aufweist, in dem durch eine Faltungsoperation die Spannung u_{RA} bewertet wird; am Ausgang des ergänzenden FIR-Filters 17 ergibt sich dann eine Ausgangshilfsgröße o_k . Ferner ist in der Filtereinheit 16 ein weiteres ergänzendes FIR-Filter 18 des dritten Typs angeordnet, in dem der Strom in dem fehlerbehafteten Phasenleiter der zu überwachenden Energieübertragungsleitung bewertet wird; ausgangsseitig tritt an diesem FIR-Filter 18 eine weitere Ausgangshilfsgröße p_k auf. Schließlich ist

die Filtereinheit 16 noch mit einem zusätzlichen ergänzenden FIR-Filter 19 des dritten Typs ausgerüstet, indem der Summenstrom i_{OFA} bewertet wird. Am Ausgang dieses zusätzlichen ergänzenden FIR-Filters 19 ergibt sich eine zusätzliche Ausgangshilfsgröße r_k .

Bezüglich der Ausgestaltung der ergänzenden FIR-Filter 17, 18 und 19 des dritten Typs ist darauf hinzuweisen, daß die FIR-Filter $G(j\Omega)$, $F(j\Omega)$ und $H(j\Omega)$ der folgenden Beziehung (20) genügen müssen

$$\begin{aligned} G(j\omega) &= j \sin \Omega \cdot H(j\omega) \\ F(j\omega) &= j \sin \Omega \cdot G(j\omega) \text{ mit } \Omega = T_A \cdot \omega_{\text{Netz}} \end{aligned} \quad (20)$$

Darin gibt ω_{Netz} die Netzfrequenz der zu überwachenden Energieübertragungsleitung und T_A die Abtastzeit wieder. Für kleine Werte von Ω gilt näherungsweise, daß $\sin \Omega = \Omega$ ist. Dies wiederum bedeutet, daß die verwendeten FIR-Filter der unterschiedlichen Typen untereinander über den d/dt -Operator bzw. im Frequenzbereich über den p -Operator verknüpft sind. Die einzelnen FIR-Filter lassen sich daher durch Faltung eines Grundfilters mit einem Basisfilter erzeugen. Dabei wird der Faltungssatz der Fourier-Transformation ausgenutzt. Als Basisfilter wird zweckmäßigerverweise ein Transversalfilter mit einer Übertragungsfunktion gemäß der nachfolgenden Gleichung (21) verwendet:

$$z^{-1} - z \Leftrightarrow j \sin \Omega \quad (21)$$

Führt man mit einer Filtereinheit 16 gemäß der Figur 5 analog zu dem Vorgehen gemäß den Gleichungen (13) bis (16) eine Untersuchung mit den FIR-Filtern des dritten Typs durch, dann läßt sich analog zu der Gleichung (13) ein Vergleichslängenfaktor m_V gemäß der nachstehenden Gleichung (22) ermitteln:

16

$$m_V = \frac{H * U_{RA2} * H * I_{0FA1} - H * U_{RA1} * H * I_{0FA2}}{k_2 * H * I_{0FA1} - k_1 * H * I_{0FA2}} \quad (22)$$

mit:
 $k_1 = R'_1 * H * I_{RA1} - (R'_0 - R'_1) * H * I_{0FA1} + L'_1 * G * I_{RA1} - (L'_0 - L'_1) * G * I_{0FA1}$
 $k_2 = R'_1 * H * I_{RA2} - (R'_0 - R'_1) * H * I_{0FA2} + L'_1 * G * I_{RA2} - (L'_0 - L'_1) * G * I_{0FA2}$

in der mit $R'_1 * H * I_{FA1}$ eine erste Zusatzgröße H5,

5 mit

$L'_1 * G * I_{FA1}$ eine weitere Zusatzgröße H6, mit

$(R'_0 - R'_1) * H * I_{0FA2}$ eine dritte Zusatzgröße H7 und mit

$(L'_0 - L'_1) * G * I_{0FA1}$ eine vierte Zusatzgröße H8 bezeichnet ist.

10 Die Indexzahlen "1" und "2" kennzeichnen auch hier wieder die zu verschiedenen Abtastzeitpunkten abgetasteten Werte von I_{FA} und I_{0FA} .

Ganz entsprechend wie es oben bereits erläutert worden ist, er-
15 gibt sich dann ein Vergleichs-Fehlerwiderstand R_V , der sich durch folgende Gleichung (23)

$$R_V = \frac{(H * U_1)(G * I_k) - (H * U_k)(G * I_k)}{(H * I_1)(G * I_k) - (H * -I_k)(G * I_k)} \quad (23)$$

20 Entsprechend läßt sich eine Vergleichs-Reaktanz X_V gemäß der nachstehenden Gleichung (24) ermitteln:

$$X_V = m_V X_1 \quad (24)$$

25 Damit ist eine Vergleichs-Impedanz gewonnen. Da die Gewinnung dieser Vergleichsimpedanz zeitlich parallel zur Gewinnung der Meßimpedanz erfolgt, erhält man bei Anwendung des erfindungsge-
mäß Verfahrens nach einem Meßzyklus für die Distanzmessung eine Aussage in Form der Meßimpedanz und eine weitere Aussage
30 in Form der Vergleichsimpedanz. Sind beide Impedanzen gleich groß, dann ist dies eine deutliche Aussage dafür, daß die Di-

stanzmessung genau durchgeführt worden ist, so daß ein nach dem erfindungsgemäßem Verfahren arbeitendes Distanzschutzgerät auf der Basis dieser Distanzmessung sofort entscheiden kann, ob eine Auslösung vorzunehmen ist. Im allgemeinen ist es zweckmäßig, eine gewisse Abweichung der beiden gemessenen Impedanzwerte zuzulassen; beispielsweise wird es als vertretbar angesehen, bei Abweichung von > als 10 % noch von einer hinreichend genauen Distanzmessung auszugehen. Es wird dann ein Vergleich gemäß der nachstehenden Gleichung (25) vorgenommen:

10

$$|X - X_v| < 0.1 |Z| \quad (25)$$

Zeigt der Vergleich, daß die Differenz zwischen der Meßimpedanz und der Vergleichs-Impedanz verhältnismäßig groß ist, dann wird 15 die Messung von Meßimpedanz und Vergleichs-Impedanz in einem nächsten Meßzyklus wiederholt; ist die Bedingung gemäß Gleichung (25) erfüllt, dann wird ein endgültiger Schutzenscheid gebildet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Durchführen einer Distanzmessung an einer mehrphasigen elektrischen Energieübertragungsleitung, bei dem
 - 5 - die Spannung (U_{RA}) an einem fehlerbehafteten Phasenleiter erfaßt, digitalisiert und in einem linearphasigen, nicht-rekursiven Digitalfilter (FIR-Filter) (3) eines ersten Typs (mit Gewichtsfaktoren g_i) einer Filtereinheit (1) bewertet wird,
 - 10 - der Strom (i_{RA}) in dem fehlerbehafteten Phasenleiter erfaßt, digitalisiert und einerseits in einem weiteren FIR-Filter (5) des ersten Typs und andererseits in einem FIR-Filter (6) eines zweiten Typs (mit Gewichtsfaktoren f_i) der Filtereinheit (1) bewertet wird,
 - 15 - wobei die Gewichtsfaktoren (g_i, f_i) frei vorgegeben werden und
 - eine Fehlerkorrektur mittels eines Korrekturfaktors (k_C) durchgeführt wird, der als Quotient aus den Amplitudengängen der FIR-Filter ersten und zweiten Typs gebildet wird, und
 - 20 - aus den Ausgangsgrößen der Filtereinheit (1) in einer Recheneinheit (10) die jeweilige Distanz der Fehlerstelle von einem Meßort angebende Impedanzmeßgrößen ermittelt werden,
- 25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
 - zur Distanzmessung bei einpoligen Erdkurzschlüssen ein der Summe der Ströme in den Phasenleitern der Energieübertragungsleitung entsprechender Summenstrom (I_{OFA}) erfaßt, digitalisiert und einerseits in einem zusätzlichen FIR-Filter (8) des ersten Typs und andererseits in einem zusätzlichen Filter (9) des zweiten Typs der Filtereinheit (1) unter Bildung jeweils einer Ausgangsgröße (m_k, n_k) bewertet wird,
 - 30 - in der Recheneinheit (10) aus der Ausgangsgröße (w_k) des weiteren FIR-Filters (5) des ersten Typs eine erste Hilfsgröße (H_1) durch Multiplikation mit dem kilometrischen

ohmschen Widerstand (R_1) des Mitsystems der Energieübertragungsleitung gebildet wird,

- in der Recheneinheit ferner aus der Ausgangsgröße (V_k) des weiteren FIR-Filters (6) des zweiten Typs durch Multiplikation mit der kilometrischen Induktivität (L_1) des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine zweite Hilfsgröße (H_2) gebildet wird,
- 5 - in der Recheneinheit außerdem aus der Ausgangsgröße (m_k) des zusätzlichen FIR-Filters (8) des ersten Typs durch Multiplikation mit der Differenz ($R_o - R_1$) aus kilometrischem ohmschen Widerstand des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine dritte Hilfsgröße (H_3) gewonnen wird,
- 10 - in der Recheneinheit darüberhinaus aus der Ausgangsgröße (n_k) des zusätzlichen FIR-Filters (9) des zweiten Typs durch Multiplikation mit der Differenz ($L_o - L_1$) aus kilometrischer Induktivität des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine vierte Hilfsgröße (H_4) gebildet wird,
- 15 - in der Recheneinheit aus den Ausgangsgrößen (y_k, m_k, n_k, w_k, v_k) der FIR-Filter (3,8,9,5,6) und den Hilfsgrößen (H_1 bis H_4) ein Längenfaktor (m) und ein dem Widerstand an der Fehlerstelle proportionaler Widerstandswert (R_f) errechnet wird und
- 20 - in der Recheneinheit durch Multiplikation des Längenfaktors (m) mit der kilometrischen Resistanz (R_1) des Mitsystems und Addition des Widerstandwertes (R_f) sowie durch Multiplikation der kilometrischen Reaktanz (L_1) des Mitsystems mit dem Längenfaktor (m) die die Distanz der Fehlerstelle kennzeichnende Meßimpedanz (R, X) gebildet wird.
- 25 - in der Recheneinheit durch Multiplikation des Längenfaktors (m) mit der kilometrischen Resistanz (R_1) des Mitsystems und Addition des Widerstandwertes (R_f) sowie durch Multiplikation der kilometrischen Reaktanz (L_1) des Mitsystems mit dem Längenfaktor (m) die die Distanz der Fehlerstelle kennzeichnende Meßimpedanz (R, X) gebildet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

- 35 durch gekennzeichnet, daß
- beim Vorhandensein einer parallelen mehrphasigen elektrischen Energieübertragungsleitung ein der Summe der Strömen

in den Phasenleitern dieser Energieübertragungsleitung entsprechender Nullstrom (I_{OAM}) erfaßt und digitalisiert wird und

- 5 - eine dem Realteil des Nullstromes proportionale Größe am Eingang des zusätzlichen FIR-Filters (8) des ersten Typs dem digitalisierten Summenstrom (i_{ok}) und eine dem Imaginärteil des Nullstromes (I_{OAM}) am Eingang des zusätzlichen FIR-Filters (9) des zweiten Typs dem digitalisierten Summenstrom (i_{ok}) hinzu addiert wird.

10

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2.

durch gekennzeichnet, daß

- zeitlich parallel eine weitere Distanzmessung vorgenommen wird, indem
- 15 - die Spannung (u_{RA}) an dem fehlerbehafteten Phasenleiter in einem ergänzenden FIR-Filter (17) eines dritten Typs (mit Gewichtsfaktoren (h_1) in der Filtereinheit (16) unter Bildung einer Ausgangsgröße (α_k) bewertet wird,
- der Strom (i_{FA}) in dem fehlerbehafteten Phasenleiter in einem weiteren ergänzenden FIR-Filter (17) des dritten Typs unter Bildung einer Ausgangshilfsgröße (p_k) bewertet wird,
- 20 - der Summenstrom (i_{0FA}) in einem zusätzlichen ergänzenden FIR-Filter (19) des dritten Typs unter Bildung einer zusätzlichen Ausgangshilfsgröße (r_k) bewertet wird,
- 25 - in der Recheneinheit (20) aus der Ausgangshilfsgröße (p_k) des weiteren ergänzenden FIR-Filters (18) des dritten Typs eine erste Zusatzhilfsgröße (H_5) durch Multiplikation mit dem kilometrischen Widerstand (R'_1) des Mitsystems der Energieübertragungsleitung gebildet wird,
- 30 - in der Recheneinheit (20) ferner aus der Ausgangsgröße (w_k) des weiteren FIR-Filters (5) des ersten Typs durch Multiplikation mit der kilometrischen Induktivität (L'_1) des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine zweite Zusatzgröße (H_6) gebildet wird,
- 35 - in der Recheneinheit (20) außerdem aus der Ausgangshilfsgröße (r_k) des zusätzlichen ergänzenden FIR-Filters (19)

des ersten Typs durch Multiplikation mit der Differenz ($R_0 - R_1$) aus kilometrischem ohmschen Widerstand des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine dritte Zusatzgröße (H7) gewonnen wird,

- 5 - in der Recheneinheit (20) darüber hinaus aus der Ausgangsgröße (r_k) des zusätzlichen ergänzenden FIR-Filters (11) des dritten Typs durch Multiplikation mit der Differenz ($L_0 - L_1$) aus kilometrischer Induktivität des Nullsystems und des Mitsystems der Energieübertragungsleitung eine
10 vierte Zusatzgröße (H8) gebildet wird,
- in der Recheneinheit (20) aus den Ausgangsgrößen (α_k, p_k, r_k) der FIR-Filter (17,18,19) und den Zusatzgrößen (H5 bis H8) ein Längenfaktor (m_v) und ein dem Widerstand an der Fehlerstelle proportionaler Widerstandswert (R_{fv})
15 errechnet wird,
- in der Recheneinheit (20) durch Multiplikation des Längenfaktors (m_v) mit der kilometrischen Reaktanz (L'_1) des Mitsystems mit dem Längenfaktor (m_v) eine die Distanz der Fehlerstelle kennzeichnende Vergleichs-Impedanz (R_v, X_v)
20 gebildet wird, und
- die Distanzmessung als hinreichend genau betrachtet wird, wenn sich die Differenz zwischen der Meßimpedanz (R, X) und der Vergleichsimpedanz (R_v, X_v) innerhalb einer vorgegebenen Größe hält.

1/4

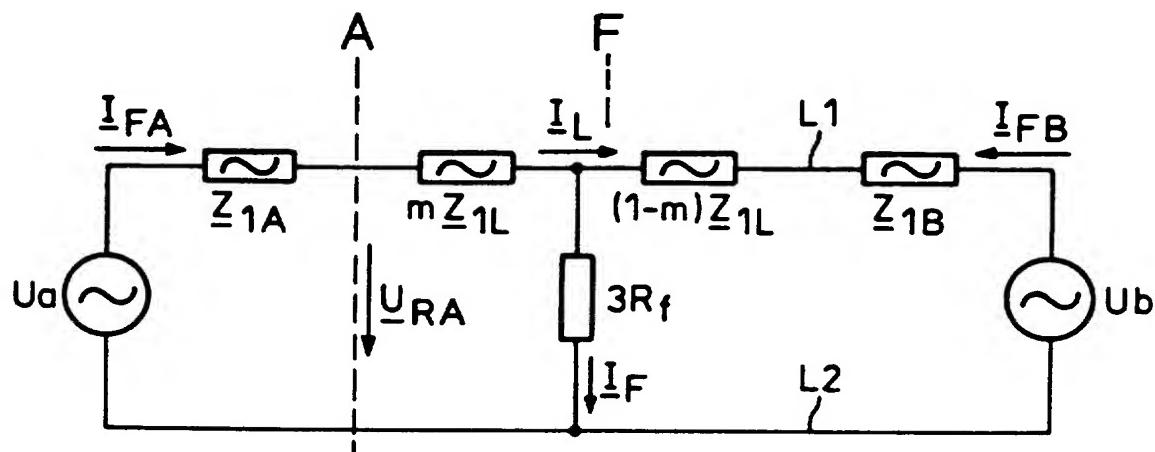


FIG 1

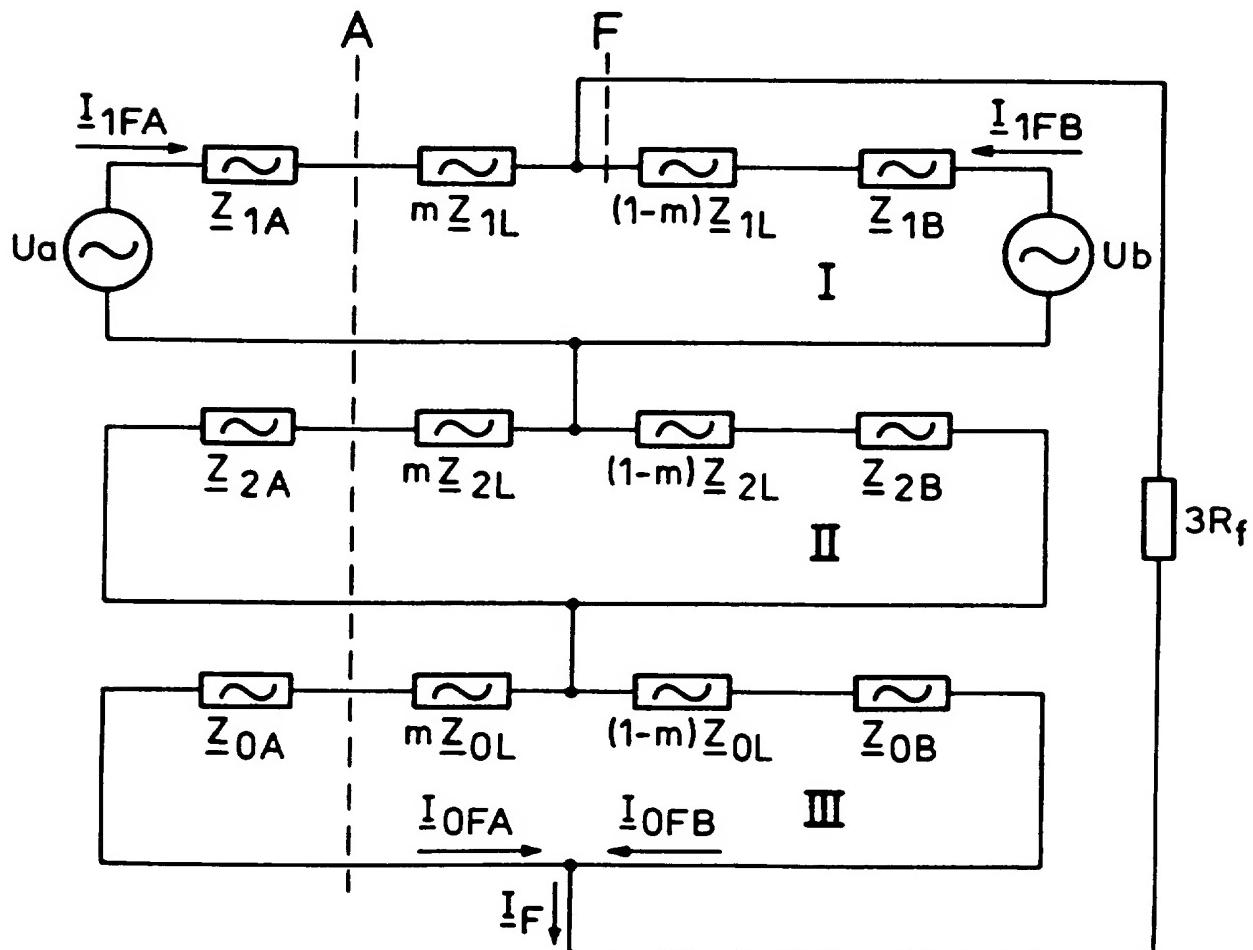


FIG 2

2/4

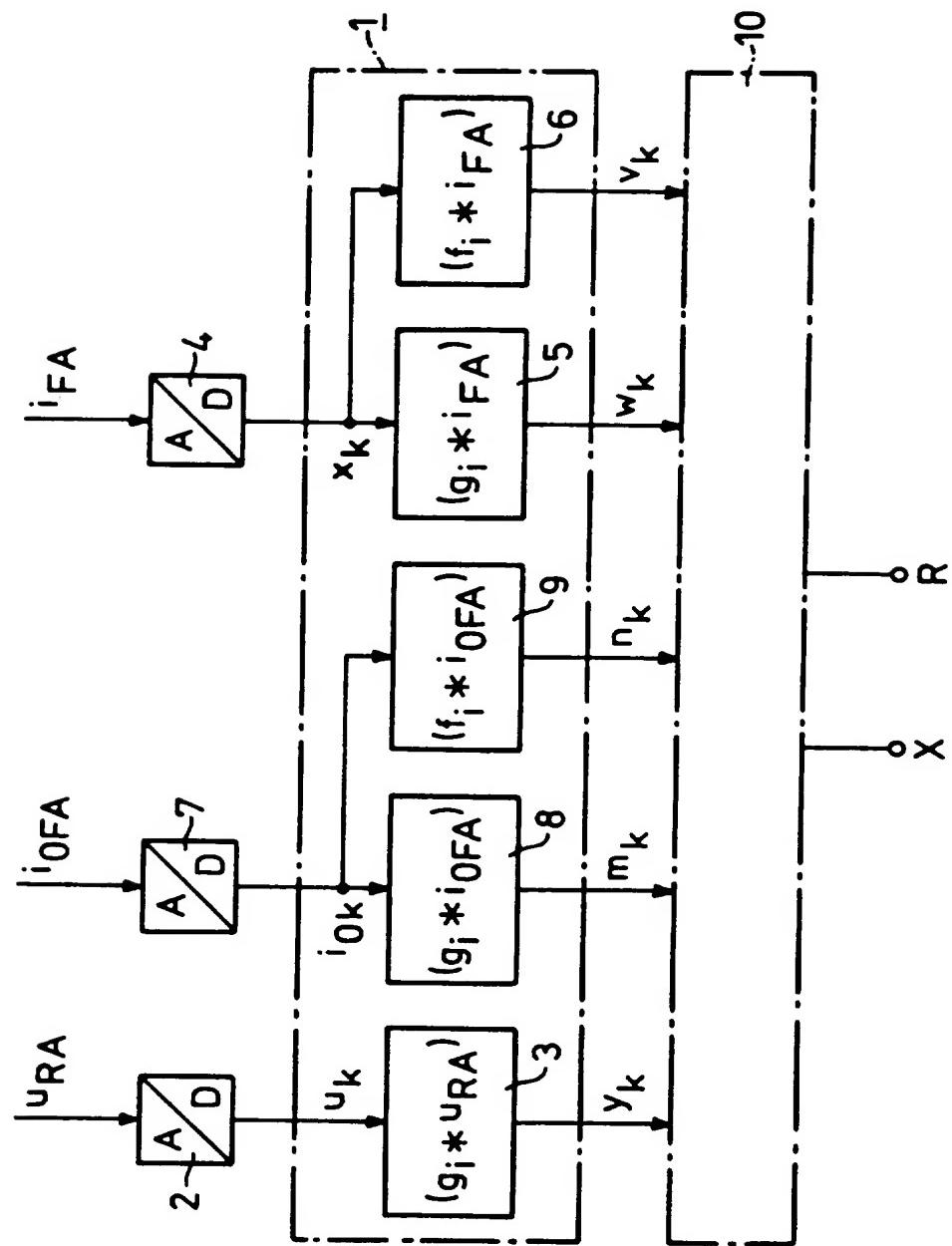


FIG 3

3/4

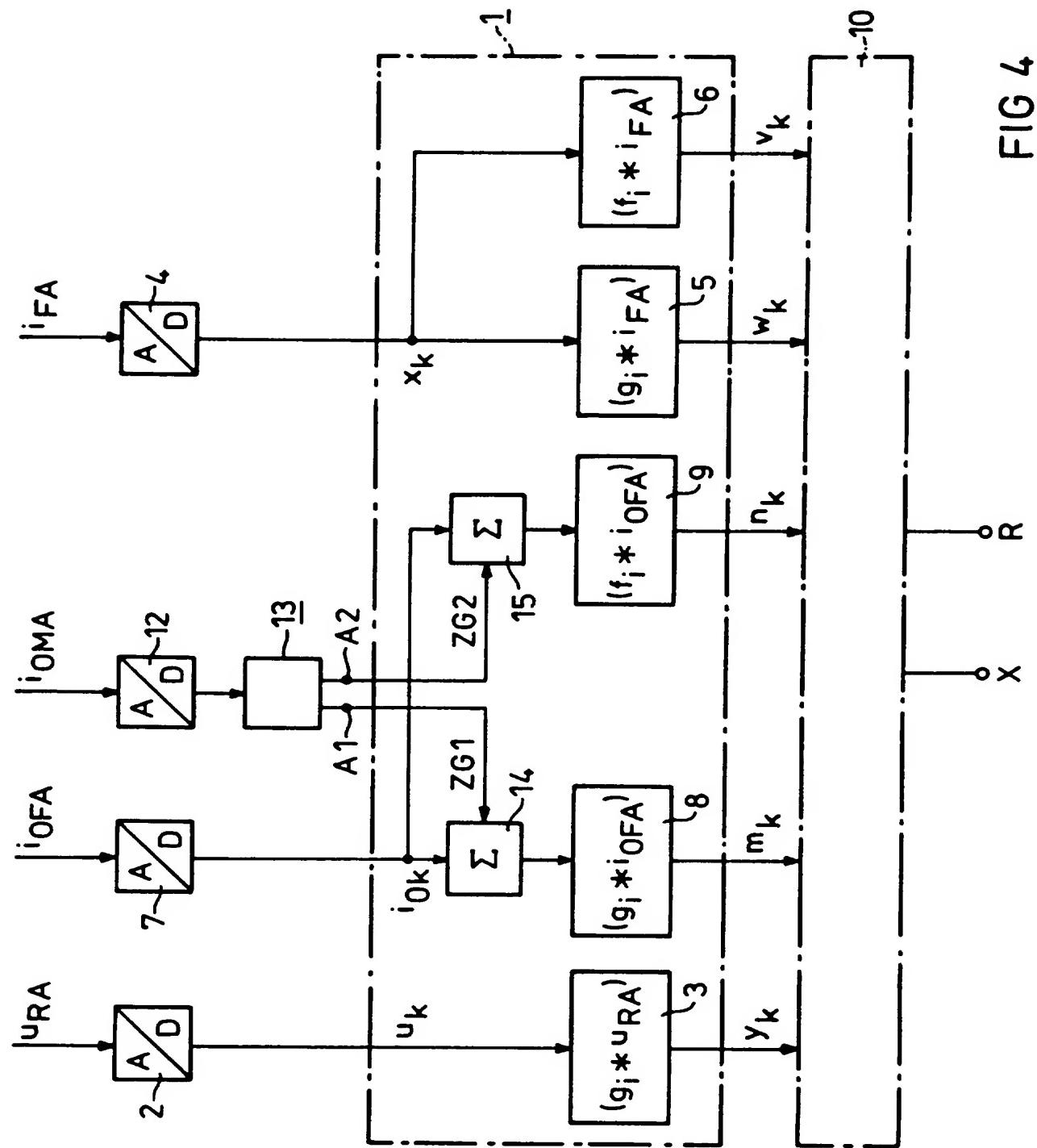


FIG 4

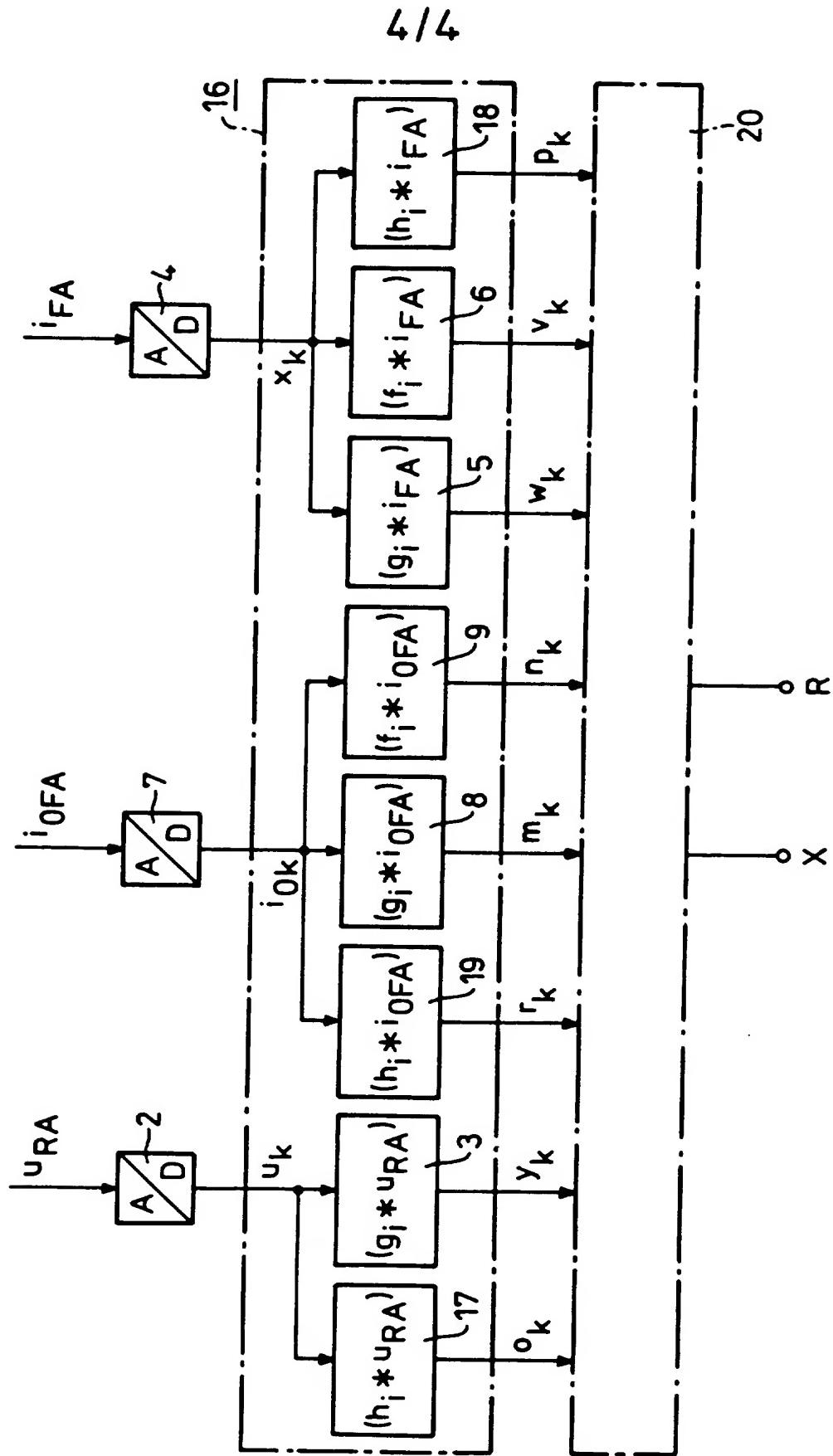


FIG 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 96/00628

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 G01R31/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP,A,0 106 790 (ASEA AB) 25 April 1984 cited in the application see claim 1 ---	1
A	GB,A,2 036 478 (TOKYO SHIBAURA DENKI) 25 June 1980 cited in the application see claim 1 ---	1
A	DE,A,40 18 170 (SIEMENS AG) 5 December 1991 see figure 1 ---	1
A	EP,A,0 284 546 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT BERLIN UND MUNCHEN) 28 September 1988 see figure 2 -----	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

1

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

29 July 1996

26.08.96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patenttaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoornaert, W

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 96/00628

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP-A-106790	25-04-84	SE-B-	433405	21-05-84
		CA-A-	1212147	30-09-86
		DE-A-	3377233	04-08-88
		SE-A-	8205235	15-03-84
		US-A-	4559491	17-12-85
<hr/>				
GB-A-2036478	25-06-80	JP-C-	1197195	21-03-84
		JP-A-	55059349	02-05-80
		JP-B-	58029471	22-06-83
		CH-A-	665735	31-05-88
		SE-B-	440151	15-07-85
		SE-A-	7908907	01-05-80
		US-A-	4314199	02-02-82
<hr/>				
DE-A-4018170	05-12-91	AU-B-	7792291	31-12-91
		WO-A-	9119342	12-12-91
		DE-D-	59105196	18-05-95
		EP-A-	0532521	24-03-93
<hr/>				
EP-A-284546	28-09-88	DE-A-	3709532	06-10-88
		DE-A-	3873949	01-10-92
<hr/>				

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 96/00628

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 G01R31/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprässtoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprässtoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP,A,0 106 790 (ASEA AB) 25.April 1984 in der Anmeldung erwähnt siehe Anspruch 1 ---	1
A	GB,A,2 036 478 (TOKYO SHIBAURA DENKI) 25.Juni 1980 in der Anmeldung erwähnt siehe Anspruch 1 ---	1
A	DE,A,40 18 170 (SIEMENS AG) 5.Dezember 1991 siehe Abbildung 1 ---	1
A	EP,A,0 284 546 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT BERLIN UND MUNCHEN) 28.September 1988 siehe Abbildung 2 -----	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,

eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

'T' Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

'X' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

'Y' Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

'&' Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Anmeldedatum des internationalen Recherchenberichts

29.Juli 1996

26.08.96

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hoornaert, W

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 96/00628

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A-106790	25-04-84	SE-B- 433405 CA-A- 1212147 DE-A- 3377233 SE-A- 8205235 US-A- 4559491	21-05-84 30-09-86 04-08-88 15-03-84 17-12-85
GB-A-2036478	25-06-80	JP-C- 1197195 JP-A- 55059349 JP-B- 58029471 CH-A- 665735 SE-B- 440151 SE-A- 7908907 US-A- 4314199	21-03-84 02-05-80 22-06-83 31-05-88 15-07-85 01-05-80 02-02-82
DE-A-4018170	05-12-91	AU-B- 7792291 WO-A- 9119342 DE-D- 59105196 EP-A- 0532521	31-12-91 12-12-91 18-05-95 24-03-93
EP-A-284546	28-09-88	DE-A- 3709532 DE-A- 3873949	06-10-88 01-10-92